

巨大地震と孤立集落対策

—救難サインの開発を中心に—

Megaquake and the Problem of Isolated Community

中 村 太 和

NAKAMURA Taiwa

目 次

はじめに

I 中山間地域における直下型地震と孤立集落問題

II 救難サインの開発と実験経過

III 救難サイン（案）

まとめ：今後の課題

はじめに

1995年の阪神・淡路大震災以降日本は地震学的に見て活動期に入ったと言われ、中越（2004年）、中越沖（2007年）、岩手・宮城内陸（2008年）、駿河湾（2009年）と大きな地震が続いている。阪神・淡路が都市部の直下型地震の典型であったのに対し、中越と岩手・宮城は中山間地域を襲った直下型地震の典型であり、外部とのつながりを遮断された「孤立集落」という新たな問題が提起された。阪神・淡路大震災や中越、岩手・宮城地震は都市型か農山村型かという違いはあってもいずれも直下型の地震であり、被災地域は限定されていたために被災状況に関する情報収集は比較的容易で、周辺からの応援によって主要なライフ・ラインはかなり早期に復旧した。もちろん、「早期に」とは言っても阪神・淡路の場合、電力で1週間、電話で2週間、ガス・水道で3ヶ月、公共下水道では4年という期間を要しているのであるが。

しかし、近い将来予想される海溝型の東海・東南海・南海大地震の場合には被害が及ぶ範囲はきわめて広範であり、関東から九州に至る太平洋沿岸地域が地震と津波の二重の、場合によっては集中豪雨と三重の、さらには東海大地震で中部電力・浜岡原発が崩壊すれば四重の大打撃を受ける可能性もある。いずれにせよ、同じく被害を受けた周辺地域からの救援は不可能であり、国土軸から離れた紀伊半島南部や四国の太平洋沿岸を中心に多くの地域が長期にわたって孤立する可能性が高い。山間部を中心に膨大な数の集落が孤立することになる

が、既存の通信インフラが大打撃を受けているなかで孤立集落の被災状況に関する情報収集はどうなるのであろうか。

道路・鉄道・通信網が寸断されている中で情報収集の主役はヘリコプターにならざるを得ないが、膨大な数に上る孤立集落の被災状況をヘリはどのようにして確認するのかという問題がある。上空を飛びヘリからは土砂崩れ、道路の陥没などの全体状況は把握できるが、集落でどの程度の人的被害が発生しているのか、食料は不足しているのかなどの情報を入手することは出来ない。これらの情報は孤立した集落の側から発信するしかないが、既存の通信インフラが大規模災害時に生き残るかどうかは不明である。固定網の場合は地震によって物理的に寸断されるし、携帯・無線の場合も基地局の倒壊、電源喪失、輻輳などによって通信不能になる可能性が高い。既存の通信網が途絶することを想定して、上空のヘリに対して被災状況を知らせることができる簡易なシステムとして考え出されたのが救難サインである。

多数の死傷者が出た事故現場で、人命救助の優先順位をつけるトリアージ・システムが国際標準化されており、日本でもJR西日本の尼崎事故で実践された。和歌山大学防災研究教育プロジェクトは、海溝型巨大地震で多数の集落が被災したときに救助の優先順位を考える判断材料として救難サインを開発した。現時点での最終案としては、死者、重体者、要救助者、食料・水の4項目を図形化して数字と一緒に表示するシステムを考えている。救難サインの開発意図、実験経過を整理しながら、孤立集落の情報収集・情報発信のあり方を考えてみたい。

I 中山間地域における直下型地震と孤立集落問題

新潟県中越地震の教訓

2004年10月23日に発生した新潟県中越地震(M6.8)は中山間地域における直下型地震の一つの典型であり、死者67名、重軽傷者4795名、住宅被害12万棟、避難者10万名という大きな被害をもたらした。この地震によって、過疎・高齢化に悩む中山間地域を大規模な地震が襲ったときにどのような状況が発生するのかという問題が明らかになった。地盤の崩落による道路網の寸断と通信伝送路の途絶によって最大で61の集落が孤立状態に追い込まれ、山古志村は村そのものが完全に孤立した。外部から完全に遮断され、通信手段も喪失した川口町の住民が救助を求めて道路に書いた「SOS たべもの ミルク オムツ くすり」という表示



写真：新潟日報社

は、問題のありかを根本から提示している。同じような問題は2008年の岩手・宮城内陸地震においても発生し、「孤立集落」という新たな問題が防災面での全国的課題として浮上した。

孤立集落調査

新潟県中越地震で提起された問題を受けて、内閣府は「中山間地等の集落散在地域における孤立集落発生の可能性に関する状況調査（都道府県アンケート調査）」を2005年に行った。調査における「孤立の定義」は、中山間地域、沿岸地域、島嶼部などの集落で地震、津波、風水害などにより「道路交通または海上交通による外部からのアクセス（中略）が困難となり、住民生活が困難もしくは不可能となる状態」であり、孤立可能性を判断する基本条件は以下の2点である。① 集落へのアクセス道路のすべてが土砂災害危険箇所および山地災害危険地区に隣接している。② 地震・津波により船舶の停泊施設が使用不能になる恐れがある。調査対象集落は、農業集落が5万8703集落、漁業集落が6245集落、合計6万4948集落である。

調査結果を見ると、孤立可能性のある農業集落は1万7451（29.7%）、漁業集落は1787（28.6%）、合計1万9238集落（29.6%）になっている。県別分布では、農業集落では第1位・長野県1320、第2位・大分県950、第3位・広島県920であり、和歌山県は570で第9位になっている。ただし、孤立可能性集落の比率で見ると75%で全国1位になっており、三重、愛知、高知など東海・東南海・南海大地震で大きな被害が予想される地域で比率が大きくなっている。漁業集落では、第1位・北海道240、第2位・長崎県200、第3位・愛媛県120で、和歌山県は90で第6位になっている。

孤立集落問題では交通インフラとならんで情報・通信インフラ及びそのための非常用電源が大きな問題になるが、農業集落での整備状況を見ると避難施設の非常用電源1.8%、衛星携帯1.5%、防災用無線2.2%、簡易無線2.3%、消防団無線24.9%である。漁業集落では数字は若干高いが、それでも4～5%に過ぎない。「孤立集落」という問題は認識されてきたが、対策はほとんど採られていないのが現状である。⁽¹⁾

情報・通信システムの整備と課題

孤立集落の通信手段の確保については固定電話、携帯電話、防災行政無線など多様なシステムがあるが、それぞれに課題を抱えている。固定電話の場合には中継回線が切断される可能性があるし、携帯電話の場合には基地局の崩壊あるいは停電による通信不能の可能性がある。新潟県中越地震では、NTT東日本の固定電話は中継回線の寸断により4450回線が不通、携帯電話については、停電などによりNTTドコモ・au・ボーダフォンの3事業者で延べ189局が停波になった。携帯電話の場合には、基地局そのものは健全であっても輻輳による通信

（1）内閣府政策統括官（防災担当）「中山間地等の集落散在地域における孤立集落発生の可能性に関する状況調査（都道府県アンケート調査）調査結果」2005年8月。その後、2009年に毎日新聞が独自に追跡調査を行っているが、事態はほとんど改善されていない。（毎日新聞、2009年10月21日）

の混乱を回避するために一般利用者の通信は制限されることになっており、携帯メールも届くのが相当遅れるあるいは届かない場合もありうる。中越地震では通常時の45倍（NTTドコモ）から50倍（NTT東日本）の通信が殺到し、災害対策機関などの重要通信を確保するために一般の通信が規制された。東海・東南海・南海大地震のような広域の巨大災害時には携帯は一定期間使えないと想定しておくことが必要である。

NTTの災害用伝言ダイヤル（171）や携帯電話の災害用伝言板サービスはより威力を発揮する可能性があるが、実際の利用に関してはほとんど進んでいないのが現状である。新潟県中越沖地震（2007年7月）で伝言ダイヤルを利用した人は1.8%、伝言板については3.4%という調査結果がある。（毎日新聞、2009年11月11日）国レベルでの広報体制の強化による国民への周知徹底が必要であろう。

防災行政無線については、中越地震で21端末が状態監視不能になり一部では通信が途絶した。途絶の原因は、基本的に非常用電源の未整備によるものであった。孤立集落問題の顕在化を契機に防災行政無線や衛星携帯の整備が進みつつあり、市町村レベルで見ると同報系の整備率は76%、移動系では85%（2008年3月末時点）になっている。ただし、集落レベルで見ると、先に見たようにきわめて貧困な状況である。市町村に対して通信手段の設置費用を補助しているのは18県だけであり、しかも大半は費用の一部補助であるために設置は進んでいない。

このような状況のなかで、和歌山県は2009年度に「地域活性化・生活対策臨時交付金」を活用して市町村に対する全額補助制度を設け、防災行政無線と衛星携帯電話の整備を一気に進めようとしている。防災行政無線は市町村の災害対策本部と集落を双方向でつなげるハンディタイプのもので、停電時には無線機本体と補助バッテリーで約24時間、さらに自動車のシガーライターと接続するケーブルも用意されている。1台30万円以上するが、維持費は衛星携帯よりもはるかに安くなっている。⁽²⁾

都道府県レベルの全域でこのようなシステムを整備するのは全国に先駆けた取り組みで高く評価されるが、課題もある。専用の周波数が割り当てられるので混信はなく、操作も比較的簡単で持ち運び可能であるが、多数の集落が同時に発信したときには情報が混乱する可能性がある。和歌山県東牟婁郡古座川町は孤立可能性のある25集落に無線機を配備し、説明会を開いた上で、2010年2月15、16日に各集落に30分の時間差を設けて順次役場との通信訓練を行った。役場の担当者へのヒアリングによれば、今回の実験はうまくいったが、今後はよ

（2）中越地震における情報通信施設の被害状況と課題については、総務省信越総合通信局「大震災における情報通信のあり方に関する検討会～中越地震を教訓に災害時の円滑な情報流通を確保するために～（報告書概要）」2005年を参照。

和歌山県における防災行政無線の整備については、毎日新聞、2009年10月21日。産経新聞、2009年1月31日。和歌山県「県民の友」2009年9月号を参照。

り実践的な形で複数の集落が同時に発信した場合を想定した訓練を行いたいとのことであった。電波法の関係でこのシステムを防災以外で日常的に利用することは出来ないが、一般的に緊急時のみの使用を想定したシステムはいざというときに役立たない可能性が高い。当面は混信を回避しつつ優先順位を決めるルール作りを進めながら、将来的には防災に関わる電波の利用について規制を緩和することが必要であると思われる。

無線については、アマチュア無線の活用可能性も高い。日本には300万人以上の有資格者がおり、全国に50万局ほどのアマチュア無線局が開設されている。実際に、2008年の岩手・宮城内陸地震では現場に居合わせたアマチュア無線家の通報によって多くの被災者が迅速に救出された。徳島大学地域防災無線研究会は、山に囲まれた中山間地からの通信に適したNVIS（高角度放射空間波）による直上電離層伝搬実験を行ってその有効性を確認している。徳島大学の上野勝利氏は、日本の電波行政のなかでアマチュア無線が単なる個人の趣味として位置づけられていることを批判し、電波法の規定に「教育業務」と「非営利公共通信業務」を追加して非常時の通信手段としてアマチュア無線を活用する法整備・システム作りを提言している。⁽³⁾

また、中越地震で孤立した山古志村は、復興の象徴として全国闘牛サミット（2006年）の大会を実況中継するために羽黒山山頂に車両中継局を設置して全国に発信した。電源としては太陽光発電を利用し、停電時にも対応できるようにした。分散型電源・移動式中継局の分散配置というシステムは、大規模災害時には大きな威力を発揮するものと思われる。通信・情報伝達手段として衛星携帯、防災無線、災害用掲示板などをきちんと使いこなすことが大事であるが、他方で、ハイテク系通信は大規模災害時に十分機能するのか疑問があり、ハイテク系とローテク系を組み合わせた多重システムを用意しておくことが必要である。ローテク系の典型として、和歌山大学防災研究教育プロジェクトが開発した救難サインについて見ていきたい。

II 救難サインの開発と実験経過

東海・東南海・南海大地震のような海溝型巨大地震においては被災地域は広範囲で外部からの救援は困難であるため、膨大な数の集落が孤立する可能性が高い。道路・鉄道網が寸断され、既存の通信インフラも大きな打撃を受ける中で、被災状況の確認と被災者の救出は当初は基本的にヘリコプターに依存せざるをえない。岩手・宮城内陸地震では自衛隊・消防などの102機の航空機が出動し、孤立した12集落・730人の救助は3日目に完了している。（神戸新聞、2009年1月14日）しかし、東海・東南海・南海大地震の場合には数千のレベルの集落が孤立する可能性がある。中央防災会議の想定では最大500機の航空機が動員されるが、

（3）上野勝利「アマチュア無線を利用した大規模災害時の自立的通信手段確保を目指した地域防災教育に関する研究」。

関東から南九州にいたる広範な地域の孤立集落の状況を適格に情報収集できるのであろうか。「数千の集落が孤立している」「既存の通信インフラがほとんど機能していない」「空からの情報収集が重要」という事態を想定し、孤立集落の被災状況を効率的に把握して救出の優先順位を決めるために開発されたものが救難サインである。

救難サインは、死者、重体者、生き埋めなど孤立集落の被災状況が一目でわかるように図形と数字で表示するものである。提案者の防災研究教育プロジェクト・今西武氏が作成した原案は図1のようなものであり、この場合は死者16名、重体者27名等々を示している。救援ヘリのパイロットが上空から目視することを想定しているので、シンプルな図形であることが大前提である。サインの素材については、巨大災害の場合には夜間飛行を行う可能性があるので、サイン自らが発光する蓄光型の素材と救援ヘリの投光器に反射する光再帰反射型の素材の2種類を製作した。2005年8月に行われた“防災合宿in熊野川”では、昼間に光再帰反射型サインと手ぬぐいで表示したサインを農地に配置し、ラジコン・ヘリで上空から撮影して効果を確認した。また、夜間には熊野川河川敷に蓄光型と光反射型のサインを配置し、橋の上から懐中電灯を照らすことによって夜間での効果を確認した。

救難サインの有効性を実験で確認できたので、その後、さまざまなサイン類との整合性を考慮した図形表示、ヘリの飛行高度とサインの目視可能性、サインの配置場所をヘリに伝える方法など多様な実験を繰り返してⅢに見るような最終案を作成した。実験の経過は以下のとおりである。実験場所としては山に囲まれた中山間地だけでなく海岸部でも行ったこと、使用したヘリは県の防災ヘリ、民間のヘリだけでなく自衛隊のヘリも活用したこと、ヘリ以外の飛行手段としてモーター付きパラグライダーを活用したことなどが特記される。⁽⁴⁾

図1



(4) 和歌山大学防災研究教育プロジェクトの取り組みと救難サインについては、『2005年防災合宿in熊野川での実証実験—中山間地での災害孤立からの課題と展望—』2007年。『孤立中山間地域版防災ハンドブック—大災害時に孤立中山間地域での対応をどうする—』2009年を参照。

和歌山大学経済学会『研究年報』第14号（2010年）

月 日	場 所	題 目	備 考
2005.8月9-11日	熊野川町	防災合宿in熊野川にて、 救難サイン実証実験	
2008.1月26日	紀美野町	紀美野町での防災に係 わる実証実験	主催：和歌山大学防災研究教育プロジェクト 共催：みさと天文台 協力：和歌山県フライヤー連盟 日時：平成20年1月26日（土） 午後1時30分～午後4 時30分 会場：紀美野町文化センターとその周辺 http://www.town.kimino.wakayama.jp/bunka/bunka4.html 対象：一般の方、自治体防災関係者、自主防災組織の関 係者 内容： ・災害時における地域内情報共有システム実験（アドホッ ク無線LAN） ・無線LANを利用したモーターパラグライダーによる通 信情報実験 ・モーターパラグライダーによるカメラ等による情報収集 ・孤立避難所で必要のろしやピクトサインの実験 ・ホラ貝による通信実験
2008.8月1日	ノーリツ鋼機	ノーリツ鋼機にて救難 サイン夜間実証実験	ノーリツ鋼機にて、夜間における救難サイン実証実験
2008.8月22日	ノーリツ鋼機	ノーリツ鋼機にて救難 サイン実証実験	ノーリツ鋼機にて、救難サイン実証実験
2008.10月5日	鞆渕小・中学校 グラウンド	紀ノ川市鞆渕地区にお ける救難サイン実証実 験	主催：和歌山大学防災研究教育プロジェクト 協力：鞆渕自主防災会・和歌山県フライヤー連盟 日程：10月5日（日）午前11時30分から午後5時00分 場所：鞆渕小・中学校グラウンド 実験内容： ○和歌山大学で開発した救難サインの実験 孤立した場合、ヘリコプターなどへ要医療、要救助 などの救援を求めるサインの有効性を調べる ○のろしや色付きの発煙筒によるサインの実験 地上からヘリコプターなどへの情報発信が有効か実 験する
2008.10月8日	片男波海水浴 場	片男波におけるパラグ ライダーでの救難サイ ン実証実験	主催：和歌山大学防災研究教育プロジェクト 協力：和歌山県フライヤー連盟 日程：10月8日（水）午後1時から午後5時 場所：片男波海水浴場 実験内容： ○和歌山大学で開発した救難サインの実験 孤立した場合、要医療、要救助などの救援を求めるサ インの有効性を調べる
2009.1月30日	和歌山大学・美 里天文台・美里 温泉	和歌山大学・美里天文 台・美里温泉にて救難サ イン実証実験	日程：1月30日（金）午後1時00分から午後2時00分 場所：和歌山大学・美里天文台・美里温泉 実験内容： ○和歌山大学で開発した救難サインの実験 孤立した場合、ヘリコプターなどへ要医療、要救助な どの救援を求めるサインの有効性を調べる
2009.3月7日	片男波海水浴 場	自衛隊ヘリからの救難 サイン実証実験	自衛隊ヘリによる上空からの救難サイン実証実験
2009.8月4日	和歌山市小豆 島	救難サイン夜間実証実 験	赤十字飛行隊和歌山支隊ヘリの協力にて、夜間における 救難サイン実証実験
2009.9月30日	古座川町	自衛隊と救難サインの 共同実証実験	9月30日、古座川町において、東南海・南海地震を想定し 孤立した山間部の救出作業に重点を置いた陸上自衛隊 第3師団による大がかりな演習の中で、救難サインの共 同実証実験を行った。悪天候の合間を縫っての過酷な作 業となったが、実証実験は無事成功した。 日程：9月30日 場所：古座川町高瀬・蔵土

資料作成：和歌山大学防災研究教育プロジェクト・津守泰子氏

Ⅲ 救難サイン（案）

救難サインの最終案を作るに当たっては、以下の4点に注意を払った。

- ① シンプルな図形であること。
- ② 発信する情報は、絶対に必要な最小限の項目に限定すること。
- ③ 多様な領域で活用されている他のサインとの間で混乱をもたらさないこと。
- ④ 人命救助で国際基準になっているトリアージとの整合性を図ること。

②については、緊急の治療行為を必要とする「要医療サイン」、救命不可能を示す「死者サイン」、建物の倒壊などでレスキューを必要とする「要救助サイン」、食料・水を必要とする「要飲食品サイン」の4種類に限定した。③については、国際民間航空機関（ICAO）の対空信号（図2）との整合性を考慮した。これは、地上の遭難者が木の枝や石を使って上空の捜索機にメッセージを伝える信号の国際標準になっているものである。④のトリアージの場合、死者は黒色に0、重体者は赤色にローマ数字のIで表示されるので、「死者サイン」「要医療サイン」も同様にした。

最終案は図3のような形になった。「要救助サイン」はオレンジ色にR（Rescue）、「要医療サイン」は赤色にI、「死者サイン」は黒色に0、「要飲食品サイン」は青色にF（Food and Drink）であり、数字は人数を示している。上部の三角形のブルーシートは、矢印の先に救難サインが配置されていることを示している。

気象条件によって当然異なるが、実験の結果から判断すると2 m四方のサインであれば上空300mの高度からサインは目視確認可能であり、ズーム付カメラを使用すれば鮮明な映像の撮影が可能である。サインの材料としては光再帰反射型素材に限定する必要はなく、布やグラント用白線で十分に作成できる。とりわけ、白線は避難所に予定されている学校に常備されていて大きさも自由に描くことが出来るし、ヘリからの目視でも鮮明に確認できるので救難サインの作成には最適であると思われる。また、ブルー

図2

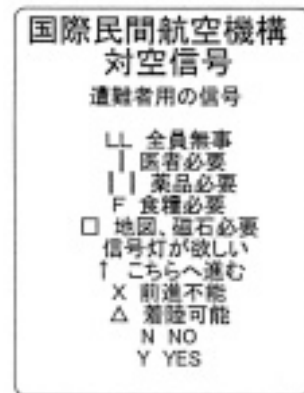
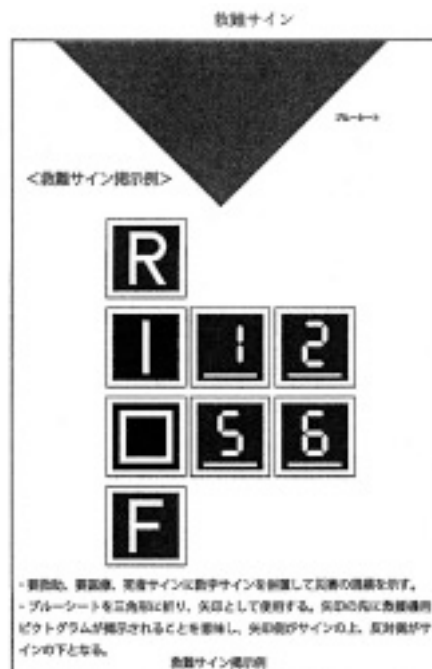


図3



シートも上空から目立つので素材として適当である。

まとめ：今後の課題

今後の課題として2点あげておきたい。

- ① 救難サインが地域ごとにバラバラであれば意味を成さないで、全国標準システムとして確立する必要がある。さらに、最近の世界的な巨大地震・津波の多発を考えれば、国際標準化も今後の課題になるであろう。「ツナミ」が国際語になっているように、日本で作り上げたシステムが国際標準になる可能性は十分にあると思われる。サインの作成過程で「漢字の方が視認しやすいのではないか」という議論もあったが、国際標準化を視野に入れて最終案を作成した。
- ② ヘリによるサインの確認と救出活動が効率的に作動するためには、ヘリの駐機場の整備が課題になる。内閣府の調査（2005年）では、孤立可能性のある農業集落のうちヘリの駐機スペースがあるのは17%、漁業集落では30%である。毎日新聞の調査（2009年）によれば全体で19%となっている。（毎日新聞、2009年10月21日）駐機スペースの確認については、ヘリを運用している警察、消防、自衛隊、医療機関などがそれぞれ独自にデータを持っているが、組織横断的なマップ作りを早急に行う必要がある。夜間の利用も可能な駐機スペースの確保に向けて、低コストの位置確認・離着陸システムの整備も必要である。



古座川町上空で自衛隊ヘリから撮影

巨大地震と孤立集落対策―救難サインの開発を中心に―

マスコミによる報道

新聞

月 日	新 聞	題 目	サブタイトル	内 容
2007.12月18日	毎日新聞	【救難サイン】 孤立時、上空へ情報発信		
2008.1月23日	毎日新聞	パラグライダーで被害把握	和歌山大など実験、震災時孤立の山間地	1月26日の紀美野町での実証実験の案内
2008.1月27日	朝日新聞	パラグライダーで実験	災害時 山間集落の情報収集	1月26日の紀美野町での実証実験について
2008.1月27日	読売新聞	パラグライダーで被災情報	和大大実験・山間部の状況、即時に把握	1月26日の紀美野町での実証実験について
2008.1月27日	毎日新聞	孤立の山間地被害把握	和歌山大実験・地上で中継映像確認	1月26日の紀美野町での実証実験について
2008.1月29日	読売新聞	和大大 救難サイン	上空に被災状況発信、近く国に提案	救難サインについて
2008.4月19日	朝日新聞	「救難サイン」世界へ発信	和大大教授ら普及目指す	救難サインについて
2008.9月1日	読売新聞	救難サイン活用の動き		救難サインについて
2008.10月8日	産経新聞	「救難サイン」	和歌山大学防災研究教育プロジェクト、負傷者数など伝達	救難サインについて
2008.10月12日	わかやま新報	空から見える救難サイン	和大大が災害想定し実験	10月5日の紀ノ川市鞆瀬地区における救難サイン実証実験について
2009.10月1日	朝日新聞	陸自 救出訓練に1800人		自衛隊との共同訓練での救難サインについて
2010.1月5日	紀伊民報	孤立集落に「救難サイン」和大大が検証、提案		救難サインについて
2010.2月3日	日本経済新聞	「救難信号」空からも識別		救難サインについて

テレビ

月日	NHK	題目	時間	
2008.10月23日	NHK和歌山木曜特集	災害時、空に向け救難サインを！	6分20秒	